

Abundanz und Dichte des Luchses in der Zentralschweiz West: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-III im Winter 2008/09



Koordinierte Forschungsprojekte zur Erhaltung und zum Management der Raubtiere in der Schweiz.
Coordinated research projects for the conservation and management of carnivores in Switzerland.
Projets de recherches coordonnés pour la conservation et la gestion des carnivores en Suisse.

KORA Bericht Nr. 46

**Abundanz und Dichte des Luchses in der Zentralschweiz West: Fang-
Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im K-III im Winter 2008/09**

Autor Fridolin Zimmermann, Mario Theus, Christian
Auteur Hebeisen, Christine Breitenmoser-Würsten und
Author Urs Breitenmoser

Bearbeitung Fridolin Zimmermann (Layout)
Adaptation
Editorial

Bezugsquelle Als PDF: <http://www.kora.ch>
Source
Source

Titelbild B87 fotografiert am 31. Januar 2009 oberhalb *Isleten*
Page de titre © A. Infanger/KORA
Front cover picture

Anzahl Seiten/Pages: 17

ISSN 1422-5123

© KORA Juni 2009

**Abundanz und Dichte des Luchse in der
Zentralschweiz West: Fang-Wiederfang-Schätzung
mittels Fotofallen im K-III im Winter 2008/09**

Fridolin Zimmermann, Mario Theus, Christian Hebeisen, Christine
Breitenmoser-Würsten & Urs Breitenmoser

Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht enthält zwei Teile: Der erste, eigentliche Bericht zum Fotofallen-Monitoring im Winter 2008/09 im Kompartiment III Zentralschweiz West fasst kurz und in allgemein verständlicher Sprache die Resultate des Durchgangs zusammen. Der nachfolgende „Technische Anhang“ liefert die methodischen Erklärungen und statistischen Details, die zum Nachvollziehen der Analysen notwendig sind.

Dank

Wir danken allen ganz herzlich, die uns bei der Durchführung des systematischen Fotofallen-Durchgangs in der Zentralschweiz in irgend einer Form unterstützt haben. Besonders danken wir:

- allen Wildhütern, die uns bei der Wahl der Standorte sowie bei den Kontrollen und dem Abbruch der Fotofallen geholfen haben, insbesondere Hansruedi Amstad, Markus Aschwanden, Werner Bisig, Ruedi Fuchs, Eugen Gasser, Anton Infanger, Hubert Käslin, Ruedi Rohrbach, Hans Spichtig;
- allen Verantwortlichen der beteiligten kantonalen und eidgenössischen Institutionen, namentlich Peter Juesy, Peter Lienert, Sepp Walker, Thomas Briner und Reinhard Schnidrig für ihre professionelle Unterstützung;
- Matthias Blanc, Batur Avgan, Anna Eichholzer und Martin Scholl für ihre technische Unterstützung;
- der Familie Scheuber in Beckenried für den netten Empfang und die gute Verpflegung.

Digitale geographische Daten:

Gewässer und politische Grenzen: GEOSTAT, © Bundesamt für Statistik; Euromaps, © Bartholomew;

Bevölkerungsdichte: GEOSTAT, © Bundesamt für Statistik;

Siedlungen, Verkehrswege und Wald: Vector 200, © Bundesamt für Landestopographie; Euromaps, © Bartholomew;

Digitales Höhenmodell: DHM25, RIMINI, © Bundesamt für Landestopographie; MONA Pro Europe 250 m,

© GEOSYS DATA;

Landnutzung: AS85r, AS97, © Bundesamt für Statistik GEOSTAT; CORINE Land Cover, © Bundesamt für Statistik GEOSTAT für die Schweiz und Europäische Umweltagentur für die übrigen Gebiete;

Grenzen des Alpenraumes gemäss der Alpenkonvention: © Réseau Alpin des Espaces Protégés.

Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen in der Zentralschweiz West im Winter 2008/09

Inhalt

1. Einleitung.....	7
2. Referenzgebiet	8
3. Material und Methode.....	8
4. Resultate und Diskussion	8
4.1. Minimale Anzahl Luchse	9
4.2. Schätzung der Abundanz.....	10
4.3. Schätzung der Dichte	10
4.4. Entwicklung der Abundanz und Dichte	10
5. Referenzen	11
Technischer Anhang – Detaillierte Beschreibung der Methoden	13
Die Bezugsfläche	13
Intensiver Fotofallen-Einsatz	14
Schätzung von Abundanz und Dichte mittels Fang-Wiederfang Methodik	14
Schätzung der Dichte mit der Puffer-Methode	16
Referenzen	16

Zusammenfassung - Das Fotofallen-Monitoring Luchs (*Lynx lynx*) in der Zentralschweiz West (Kompartiment III) dauerte 60 Nächten vom 22. Januar 2009 bis zum 23. März 2009. Im Referenzgebiet vom 705 km² wurden an 38 Standorten mit zwei zueinander gerichteten automatischen Kameras Fotos beider Flanken der Luchse gemacht, was eine individuelle Bestimmung erlaubt. Die Fotofallen erfassten sechs verschiedene selbständige Luchse. Die Fang-Wiederfang Schätzung der Abundanz im Referenzgebiet nach dem Modell M_0 ergab $6,0 \pm 0,37$ selbständige Luchse, was einer Dichte von $0,85 \pm 0,05$ selbständigen Luchsen pro 100 km² entspricht. Im Vergleich zum Winter 2006/07 ist die Dichte im Referenzgebiet stabil geblieben.

Résumé - Le piégeage photographique du lynx (*Lynx lynx*) a été effectué durant 60 nuits, du 22 janvier au 23 mars 2009, en Suisse centrale Ouest. Trente-huits sites ont été surveillés à l'aide de paires de pièges-photographiques afin de photographier les deux flancs des lynx pour permettre une identification individuelle de manière certaine. Six lynx indépendants différents ont été détectés sur des passages dans l'ensemble de la zone d'étude au cours des deux mois d'échantillonnage. L'estimation de l'abondance par le modèle de capture-recapture M_0 était de $6,0 \pm 0,37$ lynx indépendants ce qui correspond à une densité de $0,85 \pm 0,05$ lynx indépendants pour 100 km². La densité est restée identique à celle mesurée durant l'hiver 2006/07.

Abstract - Camera-trapping of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) was carried out for 60 nights, from 22 January to 23 March 2009 in the western part of the central Swiss Alps. Thirty-eight sites were sampled using pairs of camera traps, in order to picture both flanks of the lynx allowing individual identification. Six independent lynx were pictured along trails during the two months sampling period in the whole study area of 705 km². The capture-recapture estimate of abundance under model M_0 was 6.0 ± 0.37 independent lynx, which corresponds to a density of 0.85 ± 0.05 independent lynx per 100 km². The density estimate is similar to the value estimated two years ago in winter 2006/07.

1. Einleitung

Das Fotofallen-Monitoring gehört heute zu den Standardmethoden um kryptische Arten zu erfassen. Besonders bei gefleckten Katzen wie dem Luchs, die auf guten Bildern individuell identifiziert werden können, bietet diese nicht-invasive Methode eine zuverlässige Möglichkeit, einen lokalen Bestand zu erfassen. Das Fotofallen-Monitoring in der Schweiz wurde 1998 im Vergleich zur Radiotelemetrie getestet (Laass 1999) und bildet seit 2001 einen wesentlichen Teil des Monitorings. Absolute Zählungen einer Population namentlich von Waldbewohnern sind unmöglich (z.B. Cederlund *et al.* 1998). Die Fang-Wiederfang Methodik erlaubt aber eine zuverlässige Schätzung der Abundanz und Dichte der Luchse in so genannten Referenzgebieten. Wenn Tiere anhand natürlicher oder künstlicher Merkmale identifizierbar und von andern Individuen unterscheidbar sind, kann man aufgrund von Wiederfängen (hier: wiederholtem Fotografieren) die Fangwahrscheinlichkeit und damit die Zahl der Tiere in der Population (inklusive der nie fotografierten Individuen) schätzen (Jennelle *et al.* 2002, Karanth 1995). Ein wesentlicher Vorteil der Methode ist, dass der ermittelte statistische Fehler (Standardfehler) ein Mass für die Zuverlässigkeit der Schätzung liefert.

Das Fotofallen-Monitoring in den Grossraubtier-Kompartimenten verfolgt mehrere Ziele: (1) Schätzung der Zahl der Luchse in einem für das Kompartiment repräsentativen Referenzgebiet, (2) Erfassen der Veränderungen der Population über die Jahre und (3) Vergleich des Zustands der Population (Dichte) zwischen verschiedenen Kompartimenten bzw. Referenzgebieten.

Der intensive Fotofallen-Einsatz in der Zentralschweiz West (K-III) im Winter 2008/09 war bereits die vierte derartige Erhebung (Zimmermann *et al.* 2005, 2006; Molinari-Jobin & Breitenmoser 2007). Im K-III wurden erstmals im Winter 2004/05 in einer Pilotstudie Fotofallen an Wechselln aufgestellt. Beim Durchgang 2005/06 war das Untersuchungsgebiet grösser und die Verteilung der Fotofallen anders als bei der Pilotstudie. Um in Zukunft den Vergleich von Jahr zu Jahr zu vereinfachen, wurde ab Winter 2006/07 ein Referenzgebiet definiert und die Anzahl und Verteilung der Fotofallen standardisiert (Molinari-Jobin & Breitenmoser 2007; Abb. 1).

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse des intensiven Fotofallen-Monitorings im K-III Zentralschweiz West im Winter 2008/09 vor.



Abb. 1. Lage des Referenzgebiets in der Zentralschweiz West. Das Referenzgebiet von 705 km² ist definiert durch das blaue Polygon. Standorte ohne (●) und mit mindestens einer (⊙) Erfassung eines Luchses. Die grünen Bereiche bezeichnen das geeignete Luchshabitat aufgrund eines Habitatmodells. Die schwarzen Linien kennzeichnen die Kantons Grenzen.

2. Referenzgebiet

Das 705 km² grosse Referenzgebiet (blaues Polygon in Abb. 1) ist begrenzt vom *Vierwaldstädtersee* im Nordosten, dem *Brünig*, *Lungerer-* und *Sarnersee* im Westen, dem *Rotstock*, *Gitschen*, *Grasen* und *Brunnistock* im Südosten und dem *Aare-* und *Gadmertal* im Süden.

3. Material und Methode

Innerhalb des Referenzgebiets haben wir zusammen mit den Wildhütern 38 für Fotofallen geeignete Standorte unterhalb einer Höhe von 1800 m ausgewählt (BE 8, OW 13, NW 13, UR 4; Abb. 1). Die Standorte wurden während 60 Nächten vom 22./23. Januar 2009 bis zum 22./23. März 2009 mit zwei Fotofalleneinheiten bestückt (Abb. 2).



Abb. 2. Fotofallenstandort in der Nähe des *Brünig-Passes* mit zwei gegenüberliegenden Fotofallen, um beide Flanken der Luchse gleichzeitig zu erfassen. B99 wurde hier während des Durchgangs zweimal fotografiert.



Abb. 3. Luchse können anhand ihres Fellmuster individuell identifiziert werden. Da die Muster der beiden Seiten unterschiedlich sind, müssen beide Flanken mindestens einmal gleichzeitig erfasst werden, um ein Individuum auf allen anderen Bildern mit Sicherheit wieder zu erkennen. Die um Sekundenbruchteile zeitverschobenen Fotos zeigen B161 bei einer Erfassung an einem Standort im *Gadmertal*.

Die gewählten Standorte befanden sich hauptsächlich entlang von Forststrassen und Wanderwegen.

Da Luchse auf guten Fotos anhand natürlicher Merkmale individuell identifizierbar sind (Abb. 3), kann man aufgrund von Fang-Wiederfang Methoden ihre Fangwahrscheinlichkeit, ihre Anzahl und die entsprechenden statistischen Fehler schätzen. Jungluchse, die von ihrem Alter her noch bei der Mutter sein müssen, werden bestimmt, im Fangkalender aber als ein Fang des residenten Weibchens (der Mutter) eingetragen. Die geschätzte Populationsgrösse gibt also die Zahl der selbständigen Tiere an – standorttreue residente oder umherziehende Luchse im Dispersal (Jugendwanderung).

Die Dichte der unabhängigen Luchse entspricht dem Verhältnis der geschätzten Abundanz zur Schätzfläche (\hat{A}). In unserem Fall haben wir zwei Schätzflächen berücksichtigt: (1) das Referenzgebiet, und (2) den „geeigneten Lebensraum“ für den Luchs innerhalb des Referenzgebietes, definiert durch ein Habitatmodell (Zimmermann 2004). Die Umrechnung der Dichte auf das geeignete Habitat ist notwendig zum Vergleich der Luchsbestände verschiedener Referenzgebiete oder Kompartimente, da der Anteil der vom Luchs kaum benutzten Flächen wie dichte besiedelte Talböden oder Hochgebirge von Gebiet zu Gebiet ändert.

4. Resultate und Diskussion

Die potenziellen Fallennächte lagen bei 2280. Durch technische und witterungsbedingte Ausfälle waren die Fotofallen effektiv 2093 Nächte in Betrieb, was

91,8% des Potenzials entspricht. Dieser Wert liegt im Bereich anderer Fotofallen-Untersuchungen, wo wir Werte zwischen 84,2% (Jura Nord, Winter 06/07) und 96% (Nordwestalpen, Winter 07/08) hatten.

4.1. Minimale Anzahl Luchse

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurden während den zwei Monaten bei 23 Erfassungen sechs selbständige und zwei juvenile Luchse fotografiert (Tab. 1).

Nach Pentaden (Blöcke von 5 Tagen) beträgt die Zahl der Fänge 20 (Abb. 5). Wird ein Luchs während der selben Pentade mehrmals fotografiert, zählt dies als einen Fang. Nach 5 Pentaden stabilisierte sich die Anzahl fotografierter Luchse auf 6 Tiere (Abb. 5). Die Anzahl Fänge stieg mit den Pentaden kontinuierlich an.

Von den aus früheren Einsätzen (intensiv oder extensiv) bekannten Luchse wurden B87, B98, B99 und B160 nachgewiesen. Dazu sind noch zwei neue Luchse erschienen (B161 und L107; Tab. 1, Abb. 6).

Tab. 1. Anzahl der Nachweise einzelner selbständiger Luchse im Referenzgebiet K-III Zentralschweiz West während des Durchgangs Winter 2008/09. Fett: zum ersten Mal nachgewiesene Luchse.

Luchs	Anzahl Nachweise	Kanton(e)	Bekannt seit
B87	6	NW, UR	2005
B98 (+2 Juv) ^{a)}	7	NW, UR	2006
B99 ^{b)}	2	BE	2006
B160 (= R09+L09) ^{c)}	3	OW	2006
B161	3	BE	2009
L107	2	BE, NW	2009

(a) Wegen ihrer hohen Sterblichkeit werden Jungluchse zwar individuell bestimmt, im Fangkalender aber als ein Fang ihrer Mutter eingetragen (Zimmermann *et al.* 2007); (b) B99 ist ein Junges von B98 aus dem Jahr 2005; (c) B160 war früher als R09 und L09 identifiziert. In diesem Durchgang wurden beide Flanken gleichzeitig erfasst. Deshalb erscheint er neu als B160.

An 11 der 38 (28,6%) Standorte wurden Luchsbilder gemacht (Abb. 1). Die positiven Standorte liegen alle an der Peripherie des Referenzgebiets. Dies war bereits im Winter 2006/07 der Fall, jedoch nicht im Winter 2005/06. Dies könnte auf eine lückenhafte Verteilung der Luchse oder/und eine bevorzugte Nutzung von schneeärmeren Gebieten im Winter zurückzuführen sein. Trotz des relativ strengen Winters haben die Luchse die höheren Standorte jedoch nicht gemieden, wie die Verteilung der Höhe der Luchsbilder zeigt (Abb. 4).

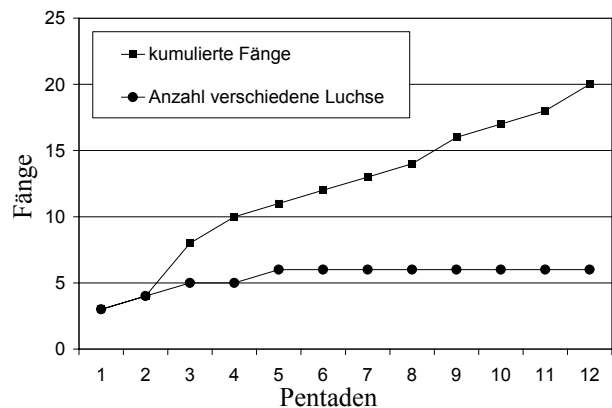


Abb. 5. Entwicklung der Anzahl Fänge und der Anzahl verschiedener Luchse über die 12 Pentaden im Winter 2008/09 der Untersuchungsperiode im 705 km² grossen Referenz-Gebiet in der Zentralschweiz West.

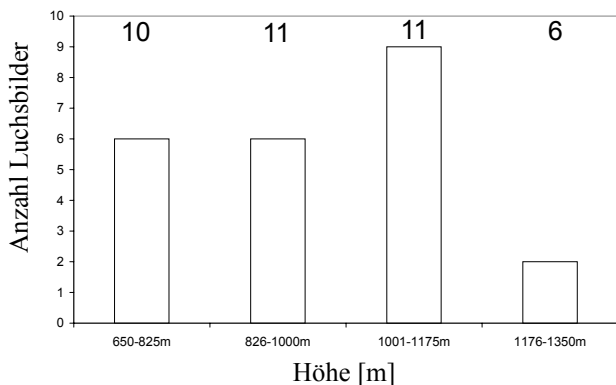


Abb. 4. Verteilung der Luchsbilder auf die Höhenlagen im Vergleich zu allen Standorten (Zahlen oberhalb der Säulen).

Wir konnten auch eine Abwanderung innerhalb des K-III dokumentieren: B99 war im Winter 2005/06 noch im Kanton NW mit seiner Mutter B98 unterwegs. Ende 2008 wurde er oberhalb von Ringgenberg (BE) an einem Riss vom zuständigen Wildhüter fotografiert. 45 km liegen zwischen den entferntesten Fotofallen-Aufnahmen. Während dieses intensiven Fotofallen-Durchgangs wurde B99 zwei Mal im Raum Brünig fotografiert (Abb. 4, 6).

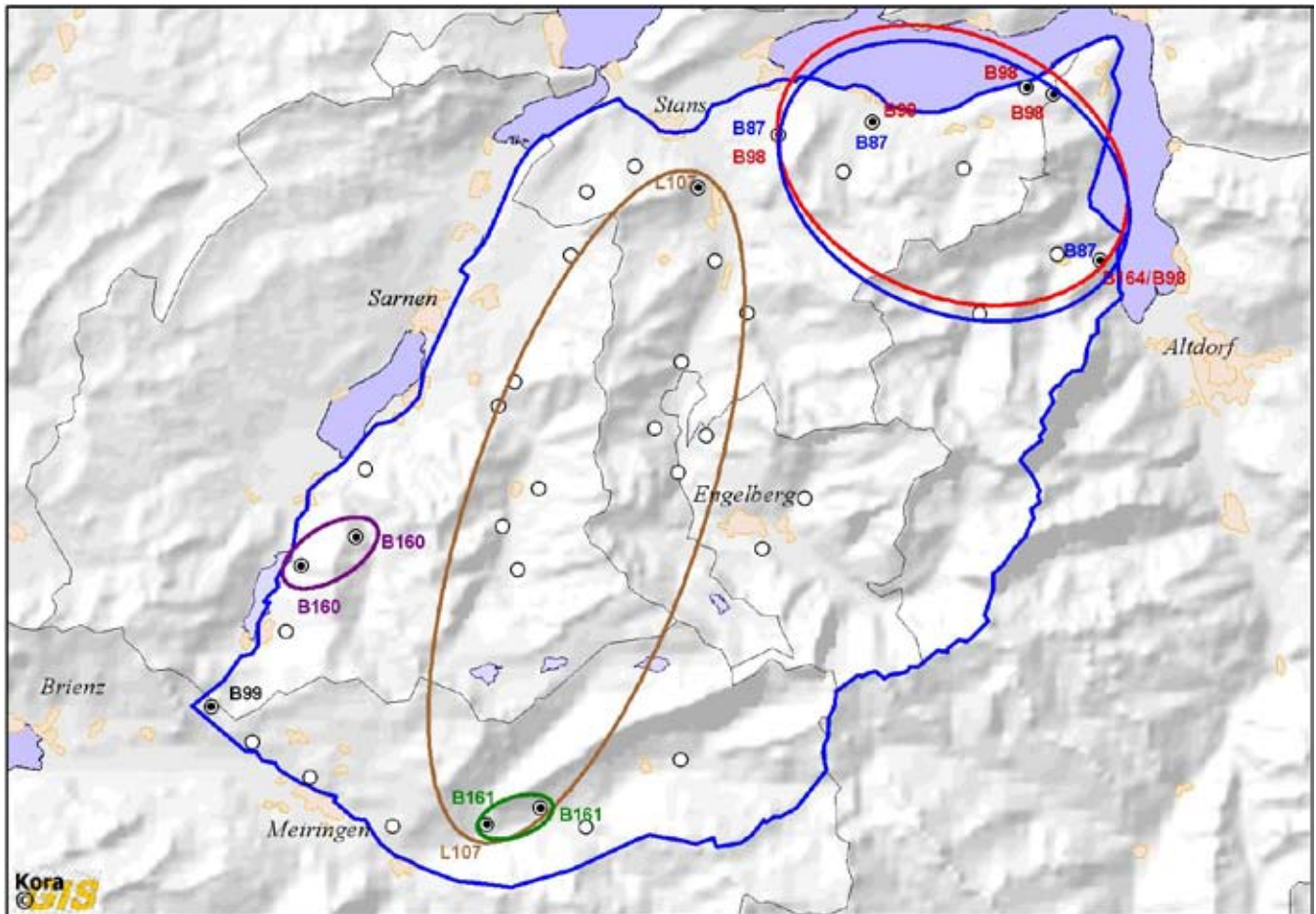


Abb. 6. Fotofallen-Monitoring im K-III Zentralschweiz West im Winter 2008/09. Referenzgebiet = blaue Linie. Die Kreise stellen Fotofallen mit (⊙) und ohne (○) Luchsaufnahmen dar. Die farbigen Ovale fassen die Orte mit Aufnahmen der gleichen Luchse zusammen. Die schwarzen Linien kennzeichnen die Kantonsgrenzen.

4.2. Schätzung der Abundanz

Die individuelle mittlere Fangwahrscheinlichkeit pro Pentade betrug 0,28. Die geschätzte Anzahl Luchse nach Model M_0 entspricht $6 \pm 0,37$ selbstständigen Luchsen im Referenzgebiet. Somit sind 100% der geschätzten Luchse tatsächlich fotografiert worden.

4.3. Schätzung der Dichte

Im gesamten Referenzgebiet war die Dichte selbständiger Luchse $0,85 \pm 0,05$ pro 100 km^2 . Die Dichte im geeigneten Habitat innerhalb des Referenzgebiets – definiert durch ein Habitatmodell (Zimmermann 2004) – betrug $1,15 \pm 0,07$ selbständige Luchse pro 100 km^2 geeignetem Habitat.

4.4. Entwicklung der Abundanz und Dichte

Im Referenzgebiet lag wie im Durchgang davor die geschätzte Anzahl Luchse bei $6 \pm 0,37$ (2006/07:

$6 \pm 1,4$) selbständigen Individuen. Die Dichte im seit Winter 2006/07 definierten Referenzgebiet, bleibt somit unverändert und liegt bei $0,85 \pm 0,05$ (2006/07: $0,86 \pm 0,2$) selbständigen Luchsen pro 100 km^2 (Abb. 7).

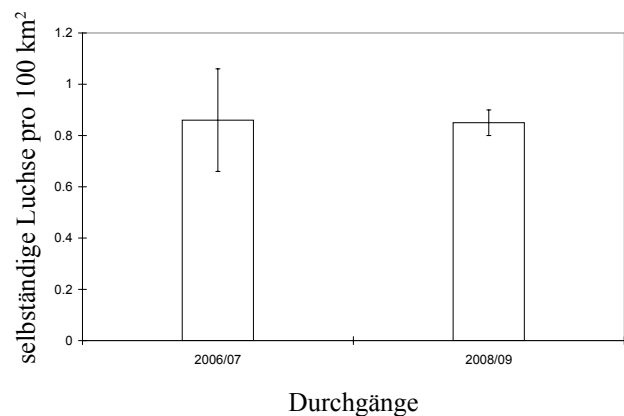


Abb. 7. Entwicklung der Luchsdichte im 705 km^2 grossen Referenz-Gebiet (Säule mit Standardfehler) in der Zentralschweiz West. Die Dichte hat sie sich zwischen den zwei letzten Durchgängen nicht verändert.

5. Referenzen

- Cederlund, G., J. Bergqvist, P. Kjellander, R. Gill, J.M. Gailard, B. Boisaubert, P. Ballon & P. Duncan. 1998. Managing roe deer and their impact on the environment: maximising the net benefits to society. Pages 337-371 in R. Anderson, P. Duncan & J.D.C. Linnell, editors. *The European Roe Deer: The Biology of Success*. Scandinavian University Press.
- Jennelle, C. S., M. R. Runge, and D. I. MacKenzie. 2002. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals: a comment on misleading conclusions. *Animal Conservation* **5**: 199-120.
- Karanth, K. U. (1995). Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation* **71**: 333-338.
- Laass, J. 1999. Evaluation von Photofallen für ein quantitatives Monitoring einer Luchspopulation in den Schweizer Alpen. Universität Wien, Wien.
- Molinari-Jobin, A. & Breitenmoser, U. (2007). Systematisches Fotofallen-Monitoring im Kompartiment III und V-Ost (Kt. BE, OW, NW, UR) im Winter 2006/07. *KORA-Bericht* **38**: 1-13.
- Zimmermann, F. (2004). Conservation of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in a fragmented landscape – habitat models, dispersal, and potential distribution. PhD Thesis, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Switzerland.
- Zimmermann F., A. Molinari-Jobin, J.-M. Weber, S. Capt, A. Ryser, Ch. Angst, Ch. Breitenmoser-Würsten, and U. Breitenmoser. 2005. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2004. *KORA Bericht* **29**: 1-60.
- Zimmermann F., J.-M. Weber, A. Molinari-Jobin, A. Ryser, K. von Wattenwyl, A. Siegenthaler, P. Molinari, Ch. Angst, Ch. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, and U. Breitenmoser. 2006. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2005. *KORA Bericht* **35**: 1-64.
- Zimmermann, F., J. Fattebert, Ch. Breitenmoser-Würsten, and U. Breitenmoser. 2007. Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura. *KORA-Bericht* **37d**: 1-22.

Technischer Anhang – Detaillierte Beschreibung der Methoden

Das Erfassen von schwer beobachtbaren Tierarten mittels automatischer Kameras ist in den vergangenen Jahren eine bedeutende Methode im Monitoring geworden. Diese nicht-invasive Methode erlaubt nicht nur den Artnachweis, sondern bei allen Arten, die individuell erkennbare Merkmale haben, eine eigentliche Populationsschätzung mittels Fang-Wiederfang-Statistik. Sowohl in der Praxis als auch in der Theorie ist das Fotofallen-Monitoring allerdings noch in Entwicklung. Technisch bessere Geräte und weiter entwickelte Auswertungsprogramme sind fast jedes Jahr erhältlich. Aber auch die Anwendung im Feld, vor allem was die art- und habitatspezifischen Umsetzung der Theorie angeht, ist noch nicht abgeschlossen.

Die Bezugsfläche

Eine der weiterhin diskutierten Fragen betrifft die korrekte Wahl der Bezugsfläche für die Berechnung der Dichte (Anzahl Tiere pro Flächeneinheit, beim Luchs meistens 100 km²).

Puffer-Methode. Die Puffer-Methode ist eine in der wissenschaftlichen Literatur beschriebene und weit verbreitete Methode zur Dichteschätzung von „territorialen“ Tierpopulationen. Sie berücksichtigt, dass die äussersten Fotofallen (die Eckpunkte des Konvex-Polygons, Abb. 1) eines Untersuchungsgebiets nicht zwangsläufig auch an der äusseren Reviergrenze der am Rand der beobachteten Population lebenden Tiere stehen, sondern dass ein Teil der Reviere dieser Individuen ausserhalb des Untersuchungsgebiets liegt. Der Puffer um das Konvexpolygon entspricht der Hälfte des Mittelwerts der maximalen Distanzen aller Tiere, die mindestens an zwei verschiedenen Standorten fotografiert wurden (Karanth & Nichols 1998). Der Mittelwert dieser Distanz repräsentiert den mittleren Durchmesser eines individuellen Reviers, und die Pufferzone entspricht damit dem Radius, das heisst der möglichen Ausdehnung der Reviere der äussersten fotografierten Luchse ausserhalb des Polygons.

Die Anwendung der Puffer-Methode ist im durch hohe Bergkämme, Seen und stark besiedelten Tälern stark gekammerten Alpenraum weniger sinnvoll als in uniformem Gelände und Habitat, da

sie bei uns oft Gebiete jenseits unüberwindbarer Barrieren einschliesst. Zudem werden die Bewegungen der Luchse – und damit die beobachteten Maximaldistanzen zwischen Fotos des gleichen Individuums – namentlich im Spätwinter nicht nur durch die Grösse der Wohngebiete, sondern auch durch die Ranzzeit bestimmt, wo einzelne Tiere Ausflüge ausserhalb ihrer Reviere machen. Dies beeinflusst die Berechnung des Puffers und kann zu starken zufälligen Schwankungen von Durchgang zu Durchgang führen, nicht zuletzt weil die Berechnung der maximalen Distanzen immer auf eine geringe Anzahl Luchse beruhen. Die Ranzzeit kann jedoch auch zu einer Überschätzung der Dichte führen, falls während eines Durchgangs Luchse von ausserhalb des Untersuchungsgebiets Ausflüge ins Referenzgebiets machen.

Referenzgebiet. In der Schweiz ist man in den letzten Jahren dazu übergegangen, in jedem Grossraubtier-Managementkompartiment ein bis mehrere Referenzgebiete mit fixen Grenzen als Bezugsfläche zu definieren. Die Grenzen des Referenzgebiets sind so gewählt, dass sie gemäss unseren Kenntnissen vom Raumverhalten der Luchse so gut wie möglich mit den Grenzen vermuteter Luchsreviere übereinstimmen. Die Reviergrenzen verlaufen in der Regel entlang natürlicher oder künstlicher Barrieren wie stark besiedelte Täler oder entlang markanter Reliefstrukturen.

Das Referenzgebiet K-III Zentralschweiz West umfasst 76 Rasterzellen zu 2,7 km Seitenlänge (Abb. 1). Raster mit mehr als 2/3 ihrer Fläche oberhalb 1800 Meter werden nicht mit einem (potenziellen) Standort belegt (Laass 1999), weil die Erfassungswahrscheinlichkeit in dieser Höhenlage sehr gering ist. In jeder zweiten Quadratzelle wurde ein optimaler Fotofallenstandort gewählt. Wenn es aus irgendeinem Grund (Lawinengefahr, keine gute Wechsel) nicht möglich war, einen geeigneten Standort zu finden, wurde der beste Standort in einer der angrenzenden Zellen gewählt. Das Referenzgebiet K-III umfasste 38 Standorte (Abb. 1).

Geeignetes Habitat. Stark besiedelte Gebiete, intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen, Seen, grössere Flüsse und die alpine oder nivale Zone sind kein geeigneter Lebensraum für den Luchs und werden nie oder nur selten aufgesucht (Zimmermann 2004; Zimmermann & Breitenmoser 2002). Der Anteil der für den Luchs ungeeigneten Flächen

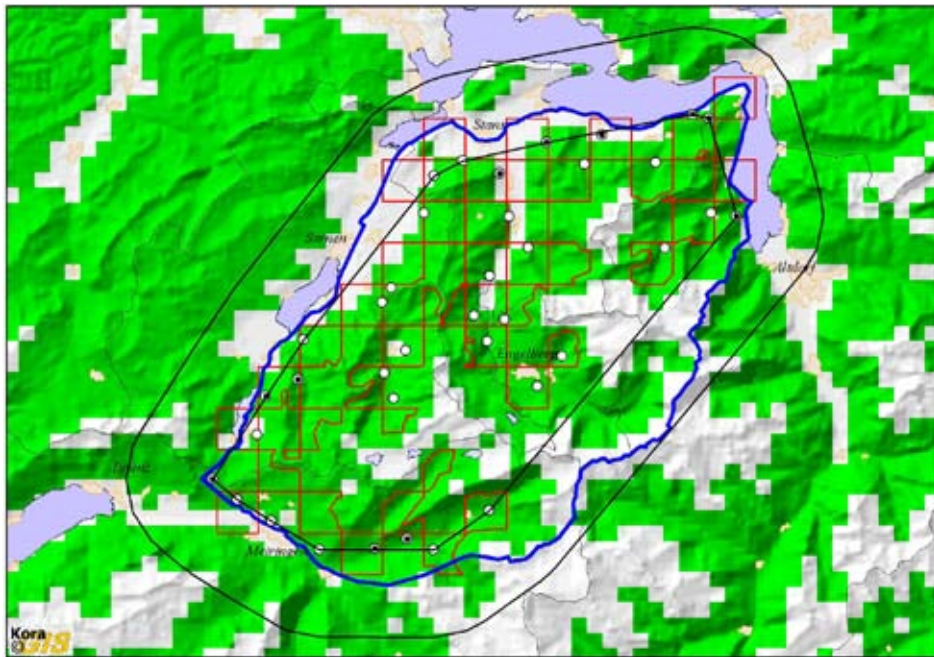


Abb. 1. Die blaue Linie begrenzt das Referenzgebiet. Die roten Quadrate oder Teilquadrate bezeichnen die Quadrat Zellen im Referenzgebiet mit einem Drittel oder mehr von ihrer Fläche unterhalb 1800 Meter. Standorte ohne (●) und mit mindestens einer (⊙) Erfassung eines Luchses, Gebiet mit Fotofallen (inneres schwarzes konvex Polygon) und Pufferzone von 5,67 km (äussere schwarze Linie). Die grünen Bereiche bezeichnen das geeignete Luchshabitat aufgrund eines Habitatmodells. Die dünnen schwarzen Linien kennzeichnen die Kantons Grenzen.

ist aber in jedem Kompartiment unterschiedlich und namentlich im Jura – wo alpine Gebiete fehlen – anders als in den Alpen. Zum Vergleichen der Luchsdichten zwischen Referenzgebieten ist deshalb die absolute Dichte ungeeignet. Wir berechnen deshalb die Dichte auch für das „geeignete Habitat“ definiert mittels des Habitatmodells nach Zimmermann (2004). Das Habitatmodell wurde aufgrund mehrerer tausend radiotelemetrischer Peilungen berechnet und umfasst im Wesentlichen den Wald, Gebüsche, aber auch offenere Gebiete (z.B. Wiesen und Weiden) in Waldnähe.

Intensiver Fotofallen-Einsatz

Um die regelmässige Verteilung der Fotofallen zu gewährleisten und mit anderen Fotofallen-Einsätzen kompatibel zu sein, wurde ein 2,7 x 2,7 km Raster auf das Untersuchungsgebiet gelegt (nach Laass 1999). In jedem zweiten Raster wurde ein Fotofallenstandort gewählt und mit zwei einander gegenüber stehenden Fotofallen bestückt, um mindestens einmal beide Flanken der Tiere gleichzeitig erfassen zu können, was eine eindeutige Identifikation der Luchse ermöglicht (Zimmermann *et al.* 2007a, b). Während ihrer längeren Verschiebungen benutzen Luchse regelmässig leicht begehbare Passagen wie

Forststrassen. Die gewählten Standorte waren entlang Forststrassen, Wanderwegen und gelegentlich Wildwechsellern aufgestellt. Die Geräte wurden alle 6 bis 7 Tage kontrolliert, um Akkus, Batterien und Filme zu ersetzen und falls nötig die Fotofallen von Schnee und Eis zu reinigen und defekte oder zerstörte Geräte auszutauschen.

Minimale Anzahl Luchse. Die Zahl der verschiedenen identifizierten Luchse entspricht der minimalen Anzahl in der Population. Um die fotografierten Luchse individuell zu bestimmen, wird jedes Bild mit allen Bildern von bekannten Luchsen aus dem früheren Fotofallenmonitoring oder Telemetriestudien unserer Referenzdatenbank verglichen. Da das Fleckenmuster beider Flanken eines Individuums unterschiedlich ist, müssen für eine eindeutige Identifikation beide Seiten bekannt sein (Zimmermann *et al.* 2007a, b); daher der Einsatz der gegenüberliegenden Kameras.

Schätzung von Abundanz und Dichte mittels Fang-Wiederfang Methodik

Absolute Zählungen einer Population sind unmöglich. Zum Beispiel werden beim Reh nur 30-50% des Bestands während einer Zählung erfasst (z.B.

Andersen, 1953; Cederlund *et al.* 1998). Die Fang-Wiederfang Methodik erlaubt aufgrund der Proportionalität zwischen Neu- und Wiederfängen (der bereits bekannten Tiere) die Schätzung der Population. Wenn Tiere anhand natürlicher oder künstlicher Merkmale identifizierbar und von andern Individuen unterscheidbar sind, kann man aufgrund von Wiederfängen (hier: wiederholtem Fotografieren) ihre Anzahl, ihre Fangwahrscheinlichkeit und die entsprechenden statistischen Fehler (Standardfehler) schätzen (Jennelle *et al.* 2002, Karanth 1995). Das Fang-Wiederfang-Prinzip wurde zum ersten Mal im Jahr 1662 angewendet um die Bevölkerung von London zu schätzen. Erst 150 später hat Laplace die Grundformel schriftlich festgehalten: wenn die Fangwahrscheinlichkeit aller Individuen identisch ist, ist der Anteil der markierten Individuen in der Wiederfang-Stichprobe identisch mit jener der insgesamt markierten Individuen in der Gesamtpopulation. Da die Anteile sowie die Anzahl markierter Individuen in der Population bekannt sind, kann die Grösse der Gesamtpopulation daraus abgeleitet werden. Die neusten Algorithmen basieren auf diesem Prinzip, sie berücksichtigen aber, dass die Fangwahrscheinlichkeit sowohl zeitlich als auch individuell variieren kann.

Für diese Schätzung ist wichtig, dass kein Tier der Population im Untersuchungsgebiet eine Fangwahrscheinlichkeit von Null hat. Diese Annahme bestimmt die minimale Dichte der Fotofallenstandorte, die so gewählt werden muss, dass das kleinste bekannte Revier der untersuchten Art mindestens einen Standort enthält (Karanth & Nichols 1998, 2002).

Um Berechnungen zum Schätzen geschlossener Populationen anwenden zu dürfen (z.B. Otis *et al.* 1978), muss die Population im Untersuchungsgebiet während des ganzen Durchgangs „geschlossen“ sein, das heisst, dass keine zusätzlichen Tiere dazukommen (Geburt oder Immigration) oder verschwinden (Tod oder Emigration). Der Fotofalleneinsatz wird im Winter während 60 Nächten (2 Monaten) durchgeführt, eine Zeit ohne Geburten und kurz genug, damit diese Bedingung bei einer Art wie dem Luchs annähernd erfüllt ist.

Schätzung der Anzahl Tiere

Eine Zeitspanne von fünf aufeinanderfolgenden Nächten (Pentade) bildet eine Fanggelegenheit (Zimmermann *et al.* 2006). Pro Fanggelegenheit

wird für jedes Individuum angegeben, ob es mindestens einmal („1“) oder nicht („0“) gefangen wurde. Jede individuelle Fanggeschichte bildet einen Vektor mit einer Reihe von „1“ oder „0“ die der Zahl der Fanggelegenheiten entspricht. Alle Vektoren zusammen bilden zusammen eine X-Matrix, den so genannten Fangkalender (Otis *et al.* 1978). Der Fangkalender der einzelnen Luchse wurde mit dem Modul CAPTURE des Programms MARK für geschlossene Populationen analysiert (White & Burnham 1999). Zum Testen der Geschlossenheit der Population verwendeten wir das Programm CLOSETEST (Stanley & Richards 2004). Die Modellselektionsroutine im Programm MARK wählt das geeignetste Modell unter 8 möglichen Modellen aus, die unter der Annahme der Geschlossenheit der Population gültig sind (Otis *et al.* 1978). Darunter M_0 : alle Individuen haben dieselbe Fangwahrscheinlichkeit und M_h : die Fangwahrscheinlichkeiten zwischen den Individuen sind nicht identisch aber ändern sich nicht im Verlauf des Durchgangs.

Wir schätzen mit dem Fotofallen-Monitoring die Zahl der selbständigen Luchse im Referenzgebiet oder in der Bezugsfläche. Selbständige Luchse sind residente (das heisst revierbesitzende und standorttreue) adulte Männchen und Weibchen und selbständige, aber nicht sesshafte Tiere (in der Regel subadulte Luchse im zweiten Lebensjahr, die noch im Dispersal sind). Männchen, Weibchen, adulte und subadulte lassen sich auf Fotos meistens nicht unterscheiden. Die einzige differenzierbare Klasse sind die Jungluchse. Die werden aber in der Populationsschätzung nicht angegeben, weil sie mit Fotofallen kaum vollständig zu erfassen sind und weil ihre Zahl aufgrund der hohen Mortalität im ersten Lebensjahr ändert. Ein Foto eines Jungluchses wird aber als Fang seiner Mutter, das heisst des residenten Weibchens im Fangkalender eingetragen, weil zu dieser Jahreszeit Jungluchse nie weit von der Mutter entfernt sind.

Die Dichte der unabhängigen Luchse entspricht dem Verhältnis der geschätzten Abundanz zur Schätzfläche (\hat{A}). Die individuelle mittlere Fangwahrscheinlichkeit pro Pentade war für die beiden Modelle M_0 und M_h gleich und betrug 0,28. Die Modellselektionsroutine des Programms CAPTURE bewertet das Modell M_0 als das geeignetste Modell. Das Modell M_h erhielt nur die viertbeste Bewertung nach M_{tbh} und M_{bh} . Die Schätzung nach M_0 wurde weiter be-

nutzt um die Dichte zu berechnen. Die geschätzte Anzahl Luchse entspricht $6 \pm 0,37$ selbständigen Luchsen in der Schätzfläche nach M_0 , respektive $6 \pm 2,32$ nach M_h . In beiden Fällen sind 100% der geschätzten Luchse tatsächlich fotografiert worden. Die Schätzung der Anzahl Tiere im K-III und die Dichte im Referenzgebiet und im geeigneten Habitat ist im voranstehenden Bericht wiedergegeben.

Schätzung der Dichte mit der Puffer-Methode

Die mittlere maximale Distanz betrug 11,34 km und der Puffer damit 5,67. Sie wurden an Hand von fünf Tieren berechnet, die mindestens an zwei verschiedenen Standorten fotografiert wurden. Die Schätzfläche unter Einschluss der Pufferzone beträgt 1161 km². Die Dichte im Polygon plus Puffer betrug $0,52 \pm 0,06$ selbständige Luchsen pro 100 km² (Abb. 1). Die geschätzte Luchsdichte nahm von $0,7 \pm 0,22$ selbständigen Individuen pro 100 km² im Winter 2004/05 auf $0,96 \pm 0,15$ Individuen im Winter 2005/06 zu, war jedoch im Winter 2006/07 auf $0,37 \pm 0,15$ selbständige Individuen pro 100 km² gesunken und liegt jetzt bei $0,52 \pm 0,06$ (Abb. 2). Im Vergleich zum Winter 2006/07 ist die Dichte bei gleicher Abundanz höher in diesem Durchgang weil der Puffer (mittlere maximale Distanzen aller Luchse, die an mehr als einem Standort fotografiert wurden) abgenommen hat (5670 m gegen 9100 m im Winter 2006/07). Der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. Somit ist die Dichte im Vergleich zum letzten Durchgang stabil geblieben.

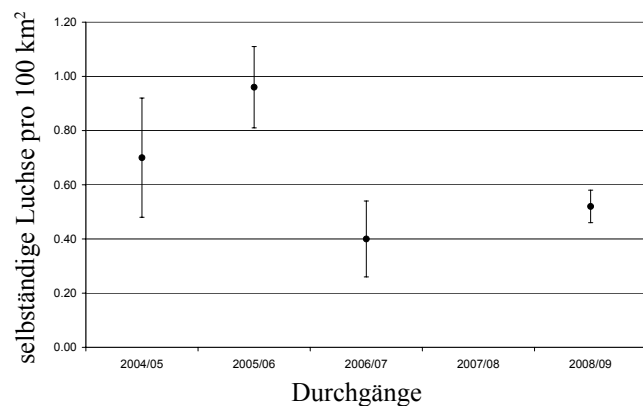


Abb. 2. Entwicklung der Luchsdichte im Polygon plus Puffer (Punkte mit Standardfehler) in der Zentralschweiz West. Nachdem die Dichte im Winter 2006/07 stark zurückgegangen war, hat sie sich zwischen den zwei letzten Durchgängen nicht signifikant verändert.

Referenzen

- Andersen, J. 1953. Analysis of the Danish roe deer population based on the extermination of the total stock. *Danish Review of Game Biology* **2**: 127-155.
- Cederlund, G., J. Bergqvist, P. Kjellander, R. Gill, J.M. Gailard, B. Boisaubert, P. Ballon & P. Duncan. 1998. Managing roe deer and their impact on the environment: maximising the net benefits to society. Pages 337-371 in R. Anderson, P. Duncan & J.D.C. Linnell, editors. *The European Roe Deer: The Biology of Success*. Scandinavian University Press.
- Jennelle, C. S., M. R. Runge, and D. I. MacKenzie. 2002. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals: a comment on misleading conclusions. *Animal Conservation* **5**: 199-200.
- Karanth, K. U. (1995). Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation* **71**: 333-338.
- Karanth, K. U., and J. D. Nichols. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* **79**: 2852-2862.
- Karanth, K. U. & J. D. Nichols 2002. *Monitoring tigers and their prey: a manual for researchers, managers and conservationists in tropical Asia*. Centre for Wildlife Studies, Bangalore.
- Laass, J. 1999. Evaluation von Photofallen für ein quantitatives Monitoring einer Luchspopulation in den Schweizer Alpen. Diplomarbeit, Universität Wien, Wien.
- Otis, D. L., K. P. Burnham, G. C. White, and D. R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs* **62**: 1-135.
- Stanley T. R., and J. D. Richards. 2004. CloseTest version 3.0, a program for testing capture-recapture data for closure. US Geological Survey, Fort Collins Science Center, Colorado, USA.
- White, G. C. and K. P. Burnham. 1999. Program MARK survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* **46**:120-138.
- Zimmermann, F. (2004). Conservation of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in a fragmented landscape – habitat models, dispersal, and potential distribution. PhD Thesis, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Switzerland.
- Zimmermann, F. & U. Breitenmoser. 2002. A distribution model for the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Jura Mountains, Switzerland. Pages 653-660 in J. M. Scott, P. J. Heglund, F. Samson, J. Haufler, M. Morrison, M. Raphael, and B. Wal, editors. *Predicting species occurrences: Issue of accuracy and scale*. Island Press, Covelo.
- Zimmermann, F., J.-M. Weber, A. Molinari-Jobin, A. Ryser, K. von Wattenwyl, A. Siegenthaler, P. Molinari, C. Angst, C. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, and U. Breitenmo-

ser. 2006. Monitoring der Raubtiere in der Schweiz 2005. KORA-Bericht **35**: 1-64.

Zimmermann, F., J. Fattebert, Ch. Breitenmoser-Würsten & U. Breitenmoser. 2007a. Abundanz und Dichte der Luchse: Fang-Wiederfang-Schätzung mittels Fotofallen im nördlichen Schweizer Jura. KORA Bericht **37d**: 1-24.

Zimmermann, F., A. Molinari-Jobin, Ch. Breitenmoser-Würsten & U. Breitenmoser. 2007b. Estimation of Lynx (*Lynx lynx*) Densities in the Swiss Alps Using Photographic Capture-Recapture Sampling. P. 58 in Hughes, J. & R. Mercer (compilers). 2007. Programme and Abstracts, Felid Biology and Conservation Conference, 17-20 September 2007, Oxford, UK.

